

**Примечание:** К\* - без добавления стимуляторов; О\* - с добавлением  $\text{CoCl}_2$  и  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

Анализ полученных данных приводит к заключению, что не все сточные воды могут быть использованы для выделения соединений, обладающих  $\text{B}_{12}$ - витаминной активностью из-за невысокого содержания истинного витамина  $\text{B}_{12}$ . Из выбранных объектов наиболее пригодными для этой цели оказались сточные воды спиртового производства. Показано, что в ходе анаэробного сбраживания увеличивается общее содержание корриноидов и доля истинного витамина  $\text{B}_{12}$ . С увеличением длительности сбраживания увеличивается содержание корриноидов в нативном растворе, возможно, вследствие лизиса биомассы. И, наконец, гидролиз водой позволяет экстрагировать большее количество корриноидов, в то время как спиртовая экстракция приводит к улучшению качественного состава в сторону накопления истинного витамина  $\text{B}_{12}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Витамин  $\text{B}_{12}$  и его применение в животноводстве. - М.: Наука, 1971.
2. Воробьева Л.И. Микробиологический синтез витаминов. - Изд-во Моск. ун-та, 1982.

УДК 573.6.086.83;663.1

Т.И.Сокольчик, аспирант;  
Я.О.Зражевская, студентка;  
В.Н.Леонтьев, доцент

#### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИММОБИЛИЗАЦИИ КЛЕТОК МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНАХ

The process of yeast and bacteria immobilization on synthetic fibres was investigated. The important role of dye structure which modifying the fibre surface was noted. The influence of the growth phase of the cells on the rate of its immobilization was studied.

Целью данной работы явилось изучение механизма иммобилизации клеток микроорганизмов на полимерных носителях. Знание механизма позволит в дальнейшем разработать единую теорию иммобилизации микробных клеток на полимерных носителях, что должно обеспечить возможность целенаправленного создания биокаталитических систем для каждого конкретного процесса.

Иммобилизация клеток микроорганизмов на полимерных носителях, в частности на синтетическом волокне, обусловлена их адсорбцией на поверхности волокна [1]. Очевидно, что прочность связывания клеток с по-

верхностью и степень насыщения ими поверхности определяется 2-мя факторами:

- структурой клеточной стенки различных микроорганизмов (тонкой структурой, включая адгезины);
- химической структурой полимерной поверхности.

Формирование на поверхности микробных клеток адгезинов - структур, ответственных за прикрепление микроорганизмов к твердым поверхностям, может зависеть от ряда факторов: состава ростовой среды и ее pH, фазы клеточного роста, температуры, наличия предварительных контактов с твердой поверхностью полимерного носителя и т.д.

Из литературы известно, что адгезины представляют собой сложные структуры гликолипопротеиновой природы, расположенные на внешней поверхности клеточной стенки [2]. Есть отдельные сведения о том, что они являются индуцибельными [3]. Очевидно, что это лабильные соединения, изменяющиеся в зависимости от химической структуры поверхности носителя. Вероятно, поэтому точных данных о структуре адгезинов не приводится.

Исследование процесса иммобилизации проводили с использованием дрожжевых и бактериальных клеток. Клетки дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae* Y 1334, 46, *Kluveromyces* sp.) и бактерий (*Pseudomonas fluorescens* B-22), предварительно выращенные на плотной питательной среде, инкубировали на среде Ридер (концентрация глюкозы 2%) и ММ9 (концентрация глюкозы 0,2%) соответственно при 30°C в условиях аэрации (180 мин<sup>-1</sup>). Время выращивания варьировалось в зависимости от условий иммобилизации микроорганизмов. После этого клетки отделяли центрифугированием и ресуспендировали в свежей среде указанного выше состава. Иммобилизацию микробных клеток проводили в проточной системе, прокачивая клеточную суспензию с помощью перистальтического насоса через слой носителя (волокна типа "нитрон") в течение 1-2 ч с объемной скоростью 1140 мл/ч. Процесс иммобилизации контролировали по уменьшению оптической плотности клеточной суспензии при 700 нм для дрожжей и 580 нм для бактерий.

С точки зрения эффективности иммобилизации микробных клеток на синтетических волокнах, наиболее важной является химическая структура красителей, которыми эти волокна окрашены. Подтверждением этого являются представленные данные по кинетике иммобилизации пивных (*S.cerevisiae* 46) и пекарских дрожжей (*S.cerevisiae* Y 1334) на синтетических волокнах типа "нитрон" различных цветов (рис.1).

Анализ кинетических кривых показывает, что скорость иммобилизации пивных дрожжей значительно превышает последнюю для пекарских дрожжей при использовании одинаковых волокон.

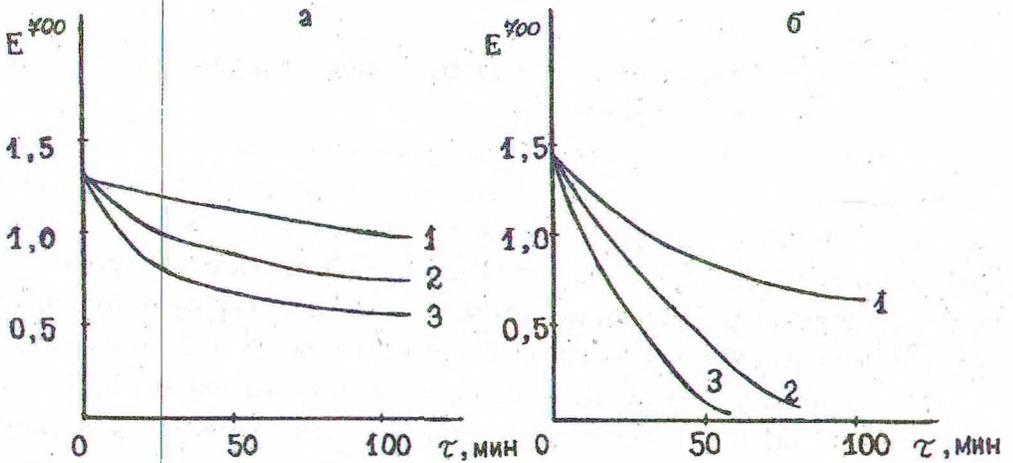


Рис.1. Кинетика иммобилизации клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y 1334 (а) и *Saccharomyces cerevisiae* 46 (б) на волокнах различных цветов: 1- красное волокно, 2- черное, 3- темно-синее

Для окраски этих синтетических волокон используют различные катионные красители, астразоны, базакрилы и максилонны [4]. Однако для получения различных оттенков используются сложные рецептуры, состоящие из ряда различных вышеперечисленных красителей. Это затрудняет структурно-функциональный анализ изучаемых явлений.

О важности структуры красителя для иммобилизации микробных клеток свидетельствуют кинетические кривые процесса иммобилизации пивных дрожжей на следующих образцах темно-синего волокна:

- волокне, не подвергнутом обработке;
- волокне после экстракции из него красителя;
- обработанном волокне с добавлением экстрагированного красителя в среду иммобилизации (рис.2).

Краситель экстрагировали из темно-синего волокна кипящим этиловым спиртом в течение 1 ч. Волокно отжимали, а спиртовой раствор красителя концентрировали в 100 раз. Визуально цвет волокна после экстракции из него розово-фиолетового красителя не изменялся. Полученный раствор красителя добавляли в среду иммобилизации в количестве 0,5 мл на 50 мл среды.

Как видно из рис.2, скорость иммобилизации на волокне после экстракции из него красителя заметно падает по сравнению с обычным волокном, тогда как при добавлении экстрагированного красителя в среду иммобилизации она увеличивается и приближается к первоначальной.

взаимодействии адгезинов клеток микроорганизмов с поверхностью волокна. Вероятно, он выполняет роль "спейсера" или бифункционального агента.

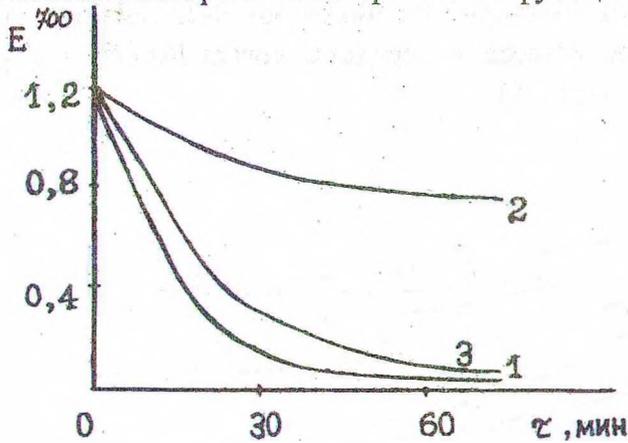


Рис.2. Влияние красителя на иммобилизацию клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 46 на волокне: 1- необработанное волокно, 2- волокно после экстракции из него красителя, 3- обработанное волокно с добавлением экстрагированного красителя в среду иммобилизации

Вместе с тем, нами было изучено влияние фазы роста клеток дрожжей и бактерий на скорость их иммобилизации на волокне красного цвета.

Наибольшая скорость иммобилизации наблюдается для 1-часовой культуры дрожжей *S.cerevisiae* Y 1334 и *Kluveromyces* sp., т.е. находящихся в самом начале логарифмической фазы роста (рис.3).

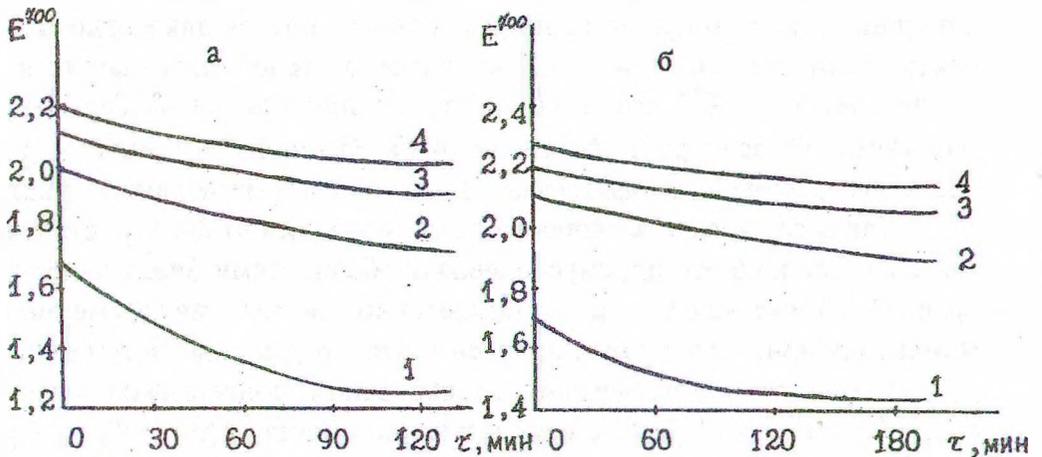


Рис.3. Влияние фазы роста клеток дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y 1334 (а) и *Kluveromyces* sp.(б) на процесс их иммобилизации на волокне: 1- 1-ч роста, 2- 6 ч, 3- 24 ч, 4- 48 ч

В отношении бактерий *Ps. fluorescens* В-22 наибольшая скорость иммобилизации достигается в середине логарифмической фазы роста (4- часовая культура) (рис.4).

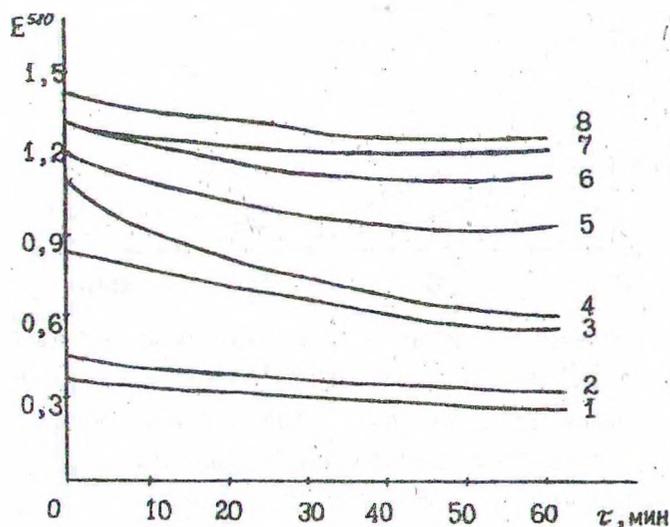


Рис.4. Влияние фазы роста клеток бактерий *Pseudomonas fluorescens* В-22 на процесс их иммобилизации на волокне:  
1- 1 ч роста, 2- 2 ч, 3- 3 ч, 4- 4 ч, 5 - 5 ч, 6- 6 ч, 7- 7 ч, 8- 8 ч

Эти данные подтверждаются результатами количественного определения числа иммобилизовавшихся на волокне клеток для каждого времени роста культуры. Максимальное количество иммобилизовавшихся на волокне клеток ( $2 \cdot 10^{10}$  кл/г волокна) также приходится на середину логарифмической фазы роста бактерий (4 ч). Это свидетельствует о том, что клетки в середине логарифмической фазы наиболее метаболически активны.

Такая зависимость скорости иммобилизации от фазы роста микроорганизмов, на наш взгляд, обусловлена особенностями биохимических превращений в клетках в ходе роста клеточной популяции, а именно, в этот момент времени происходит процесс синтеза адгезинов клеточной стенки.

Результаты кинетических исследований подвергнуты математической обработке на ПЭВМ с использованием пакета "Апрох", в результате чего обнаружено, что кинетика иммобилизации дрожжевых клеток на волокнах разных цветов подчиняется уравнению вида

$$Y = \exp(-at^2 \pm bt + c), \quad (1)$$

где  $t$  - время иммобилизации, мин.

В случае иммобилизации бактериальных клеток на волокнах разных цветов уравнение имеет вид

$$Y = 1/(\pm at^2 + bt + c). \quad (2)$$

На основании полученных уравнений с использованием пакета "Mathcad" рассчитаны значения скоростей иммобилизации микроорганизмов на волокнах разных цветов. Для пивных дрожжей *S.cerevisiae* 46 они составляют  $1,45 \cdot 10^5$  -  $9,45 \cdot 10^5$  кл/мин·г волокна, для пекарских дрожжей *S.cerevisiae* Y 1334 -  $0,20 \cdot 10^5$  -  $3,15 \cdot 10^5$  кл/мин·г волокна, для бактерий *Ps.fluorescens* B-22 -  $1,95 \cdot 10^7$  -  $6,50 \cdot 10^8$  кл/мин·г волокна.

Таким образом, нами установлено, что:

1. Наибольшей скоростью иммобилизации обладают клетки 4-часовой культуры бактерий *Pseudomonas fluorescens* B-22.
2. Независимо от рода дрожжей (*Kluuveromyces* или *Saccharomyces*) наивысшая скорость иммобилизации наблюдается для клеток 1-часовой культуры.
3. Структура красителя, модифицирующего поверхность волокна, оказывает сильное влияние на скорость иммобилизации клеток микроорганизмов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Менча М.Н., Кузьмичева И.В., Леонтьев В.Н. Исследование взаимодействий клеток микроорганизмов с носителями при иммобилизации. // Тр. БГТУ: Химия и химическая технология. - Минск, 1996. Вып.3. - С.61-66.
2. Звягинцев Д.Г. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями. - М.: Изд-во МГУ, 1973.
3. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. - М., 1987.
4. Органические синтетические красители. Каталог. - М., 1968.

УДК 541.64:536.4

Э.Т.Крутько, доцент;  
Т.С.Шендик, студ.

#### СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИИМИДА НА ОСНОВЕ ДИАНГИДРИДА БИЦИКЛО/2,2,2/-ОКТ-7-ЕН-2,3,5,6-ТЕТРА-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ И 4,4'-ДИАМИНОДИФЕНИЛОКСИДА

The synthesys and properties of the polyimide on the base of the bicyclooctene tetracarboxylic dianhydride and 4,4'-diaminodiphenylmethane has been investigated.

Среди разработанных и нашедших в настоящее время применение термостойких полимеров особый интерес представляют полиимиды, обладающие комплексом уникальных свойств - высокой термостойкостью, радиационной устойчивостью, хорошими механическими и электроизоляционными показателями, сохраняющимися в широком температурном ин-